

SISTEM PENURUNAN KADAR KROM (III) LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN KOMBINASI PRESIPITASI MENGGUNAKAN NATRIUM HIDROKSIDA DAN ADSORPSI MENGGUNAKAN BAGASE FLY ASH

Meirinna¹, Fahrurrozi², Sri Juari Santosa³

¹Kantor Lingkungan Hidup Kab. Batang Hari, Jambi

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

Korespondensi : meirin_sechan@yahoo.com

Abstract

Wastewater in the tannery industry is the main waste due to the use of a great amount of water and chemical substances in the process. Wastewater which contains chromium from the tanning materials potentially causes physical and chemical changes in the environment. Chromium is harmful heavy metal which is non-degradable and able to cause danger towards environment and human health. Therefore, it is important to employ treatments before discharging the wastewater to the environment. One of the known methods to reduce the content of heavy metal is precipitation using sodium hydroxide. However, precipitation alone can not meet the strict quality standard for tannery industrial wastewater. Adsorption using bagasse fly ash (BFA) is a key promising tertiary method to achieve the high treatment standard. BFA is a low cost adsorbent since it is prepared from solid waste from sugar industry. This research aims to study optimum operating condition of the implementation of a combination of precipitation and adsorption methods for reducing chromium (III) in the tannery industrial wastewater.

Initially, this study used synthetic waste to obtain optimum conditions for adsorption method. The optimum conditions were then tested using real waste from tannery industry. Synthetic waste used in this process was $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Adsorption process used both activated BFA as well as raw (un-activated) BFA. Concentration of chrom (III) in the filtrate was determined by AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Parameters of the study were pH of the precipitation, and pH of the adsorption.

Results of this study showed that the optimum pH to chrom (III) concentration reduction is achieved from the combination of precipitation at pH of 8 and adsorption at pH of 5. The effectiveness of the concentration reduction of chromium using combination of both of these methods managed to lower the concentration of chromium from initial concentration of 544 mg/l to 0,18 mg/l (using activated BFA), with the effectiveness of chromium reduction 99,97%. This result complies with the standard based on Yogyakarta Governor's decree number 7/2010 about wastewater quality standard for wet blue leather industrial activities, which is 0,4 mg/l.

History :

Received: March 11, 2013

Accepted: November 19, 2013

First published online:

December 31, 2013

Keywords:

chromium,
precipitation,
adsorption,
bagasse fly ash

1. Pendahuluan

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu jenis industri yang dalam proses produksinya banyak menggunakan air dan beberapa cairan kimia, seperti garam krom (III) dan senyawa sulfur (Zaenab, 2008). Terbuangnya krom bersama limbah cair merupakan cemaran bahan berbahaya dan beracun (B3), karena krom merupakan jenis limbah logam berat yang bersifat sulit terurai dan dapat terakumulasi dalam tubuh dan lingkungan.

Krom murni bersifat tidak toksik, tetapi senyawanya dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan manusia maupun lingkungan diantaranya *ulkus* pada kulit dan selaput lendir, zat karsinogen, bersifat racun akut dan mutagenik melalui pernafasan dan pencernaan. Beberapa penelitian lain juga menunjukkan krom valensi tiga dapat berpotensi menyebabkan kanker dan mutasi genetik (Rohaeti, 2007).

Mengingat bahaya yang akan muncul, maka perlu dilakukan pengolahan (*treatment*) terhadap limbah cair penyamakan kulit sebelum dilepas ke lingkungan. Penggunaan senyawa alkali natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu cara kimia yang dijadikan alternatif dan luas penerapannya dalam pengolahan limbah cair industri, NaOH merupakan bahan yang mudah didapat dengan harga yang lebih ekonomis.

Penelitian ini dikombinasikan dengan metode adsorpsi pada tahap *tertiary treatment*. Metode adsorpsi telah

terbukti efektif mengurangi konsentrasi logam di perairan dan juga memiliki beberapa keuntungan, diantaranya : lebih ekonomis, tidak menimbulkan efek samping beracun serta mampu menghilangkan bahan organik. Adsorben yang digunakan adalah abu layang ampas tebu (*bagasse fly ash*) dari limbah padat pabrik gula. Pemanfaatan BFA saat ini masih terbatas sebagai tanah penimbun (*landfilling*), sebagian digunakan sebagai *filler* dan sebagian besar pada pabrik gula menumpuk sebagai limbah padat.

Kombinasi kedua metode, diharapkan dapat menghasilkan metode pengolahan (*treatment*) limbah yang efektif, ekonomis, efisien, menghasilkan buangan limbah cair penyamakan kulit yang sesuai dengan standar baku mutu lingkungan, dan dapat mengurangi cemaran logam berat ke lingkungan.

2. Metodologi

Penelitian bersifat skala laboratorium, dan dilaksanakan di 3 Laboratorium diantaranya : laboratorium kimia anorganik (Kimia-MIPA UGM), laboratorium kimia lanjut (Kimia-MIPA UII), dan LPPT UGM Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan dari Januari 2012–Agustus 2012. Tahapan penelitian meliputi kegiatan sampling limbah, karakterisasi dan analisis laboratorium

2.1. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : limbah cair industri penyamakan kulit PT. Adi Satria Abadi (ASA) Yogyakarta, Bagasse Fly Ash PT. Madubaru, Madukismo-Yogyakarta, H₂O₂ 30 %, NaOH, Cr(NO₃)₃, HNO₃ p.a (Merck), larutan standar krom 1000 ppm dan akuades.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian : timbangan (*analytic balance*), AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), pH meter, kertas saring *whatman 42* dan teknis, oven, alat gelas (labu ukur, gelas piala/beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, kaca arloji, dan corong gelas), pipet tetes, pipet volumetrik, stirer, mortar, ayakan dan buret.

2.2. Preparasi Sampel

2.2.1. Pengambilan sampel limbah (sampling)

Titik pengambilan sampel ditentukan pada 2 titik, yakni sebelum IPAL (sampel diambil dari bak penampungan setelah proses penyamakan) dan setelah IPAL (outlet). Alat pengambil sampel berupa jerigen plastik 2 L. Sebelum digunakan jerigen dibilas dengan sampel sebanyak 3 kali.

2.2.2. Preparasi Limbah

Limbah cair berupa larutan sisa unit proses penyamakan kulit disaring menggunakan kertas saring teknis untuk menghilangkan kotoran. Filtrat kemudian dimasukkan ke dalam jerigen, dan digunakan sebagai sampel limbah cair. Sebagai tahapan karakterisasi untuk mengetahui persentase kandungan krom, sampel dianalisis di laboratorium menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dan hasil analisis merupakan konsentrasi awal keberadaan krom dalam limbah cair.

2.3. Preparasi Larutan Uji

2.3.1. Pembuatan larutan NaOH (Presipitasi)

Konsentrasi larutan NaOH yang digunakan sebagai presipitan adalah pada konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 % (g/100 ml). Pembuatan larutan NaOH 2 % dilakukan dengan cara NaOH ditimbang sebanyak 2,0 g, kemudian dilarutkan dengan akuades, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, dan ditepatkan hingga tanda batas dengan akuades. Demikian pula dengan konsentrasi lainnya dengan menimbang NaOH masing-masing, 3, 4 dan 5 g kemudian dilarutkan, dan ditepatkan hingga tanda batas menggunakan akuades dalam labu ukur 100 ml.

2.3.2. Pembuatan larutan standar krom

Larutan standar kromium 1000 ppm dipipet sebanyak 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 ml kedalam labu ukur volume 100 ml, kemudian ditambahkan dengan akuades hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar krom konsentrasi 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; dan 10 ppm. Blangko di gunakan akuades.

2.3.3. Pembuatan larutan krom sintetik (proses adsorpsi)

Larutan kromium 1000 ppm dibuat dengan cara menimbang 7,6923 gram Cr(NO₃)₃.9H₂O dilarutkan di dalam labu takar 1000 ml hingga tanda batas dengan akuades.

2.4. Perlakuan Sampel Uji

2.4.1. Presipitasi dengan NaOH

Sampel limbah yang telah disaring, diambil sebanyak 25 ml dan direaksikan dengan NaOH pada berbagai

konsentrasi. Penambahan NaOH diawali dari konsentrasi terendah yakni NaOH 2 %, penambahan diatur hingga pH sampel yang mengandung krom masing-masing mencapai pH 7, 8, 9, 10, 11, dan 12. Sampel didiamkan selama 30 menit (waktu presipitasi) hingga terbentuk endapan (menjadi 2 lapisan), kemudian disaring dan filtrat dianalisis dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi krom setelah presipitasi. Pengujian yang sama dilakukan pada variasi konsentrasi NaOH masing-masing 3 %, 4 %, dan 5 %, sehingga diperoleh pH optimum presipitasi.

2.4.2. Aktivasi Bagasse Fly Ash

Aktivasi terhadap bagasse fly ash dilakukan dengan menggunakan hidrogen peroksida (30 %) 0,1 N, dengan perbandingan 10 ml H₂O₂ untuk 1 gram BFA. Setelah interaksi dengan H₂O₂, larutan diaduk selama 24 jam menggunakan stirrer dengan kecepatan tetap 200 rpm, kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral dan di kering oven pada suhu 60°C selama 4 jam.

2.4.3. Adsorpsi Limbah Sintetik

BFA diinteraksikan dengan larutan krom sintetik pada kisaran pH 2-6. Larutan Cr(NO₃)₃ 1000 ppm dipipet sebanyak 0,3 ml ke dalam masing-masing 5 labu ukur 10 ml, kemudian ditambahkan dengan HNO₃ 1 M yang telah dicampurkan dengan akuades hingga masing-masing larutan mencapai pH 2, 3, 4, 5, dan 6, selanjutnya ditepatkan hingga tera. BFA sebanyak 0,05 g diinteraksikan dengan larutan tersebut pada masing-masing pH, dengan waktu interaksi 60 menit. Filtrat kemudian disaring dan dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi krom tersisa setelah adsorpsi. BFA yang digunakan terdiri dari BFA aktivasi dan tanpa aktivasi.

2.4.4. Interaksi Sampel dengan Presipitasi dan Adsorpsi

Filtrat limbah hasil presipitasi yang diperoleh pada pH optimum diinteraksikan dengan bagasse fly ash (pada pH optimum adsorpsi). Interaksi BFA dengan limbah dilakukan selama 60 menit, kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatman 42* dan selanjutnya dianalisa dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi krom tersisa dalam sampel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Presipitasi Krom

Pengujian penurunan konsentrasi krom dalam limbah cair penyamakan kulit dilakukan dengan presipitasi kimia menggunakan NaOH (natrium hidroksida). Konsentrasi NaOH sebagai presipitan bervariasi dari 2%, 3%, 4%, dan 5%. Penambahan NaOH dengan berbagai konsentrasi, menunjukkan adanya perubahan warna pada limbah penyamakan kulit. Limbah awal yang berwarna kebiru-biruan berubah menjadi sedikit keruh, kemudian setelah didiamkan membentuk 2 lapisan. Endapan yang terbentuk sangat halus, dan terlihat jelas pada waktu (t) 30 menit dan pada kisaran pH 8-12.

Filtrat dipisahkan dari endapan untuk dianalisis konsentrasi krom yang tersisa menggunakan AAS. Presipitasi dilakukan pada suhu normal 25-30°C.

Konsentrasi krom pada inlet dan outlet pabrik penyamakan kulit dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran konsentrasi krom (ppm) pada inlet dan outlet PT.Adi Satria Abadi (ASA)

| No | Kode Sampel | Hasil Pengukuran Kadar Krom (ppm) | | | Metode | Konsentrasi Krom Rerata (ppm) |
|----|----------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------|
| | | I | II | III | | |
| 1 | Inlet 1 PT.ASA | 567,40 | 530,58 | 536,71 | AAS | 544,89 |
| 2 | Outlet PT.ASA | 0,49 | 0,52 | 0,49 | AAS | 0,50 |

Berdasarkan data pada Tabel 3.1. konsentrasi krom pada inlet cukup tinggi yakni 544,89 ppm. Hal ini dapat dipengaruhi oleh bahan penyamak yang digunakan sebagai bahan dasar pada proses penyamakan kulit mengandung krom dalam bentuk krom sulfat, sehingga pada inlet konsentrasi krom cukup tinggi.

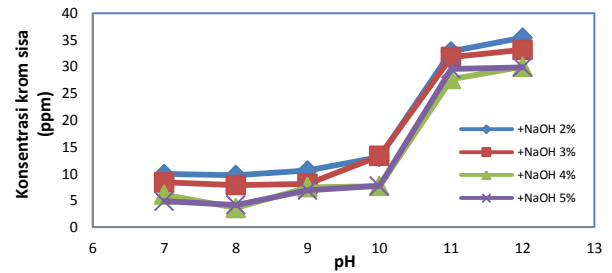
Konsentrasi krom pada outlet, setelah melalui proses IPAL dan pengenceran, turun menjadi 0,50 ppm. Nilai ini masih berada di atas baku mutu jika dibandingkan dengan Peraturan Gubernur D.I.Y No.7 tahun 2010 tentang baku mutu limbah cair kegiatan industri kulit, dimana nilai konsentrasi Cr adalah 0,40 ppm (metode AAS).

Pada penambahan NaOH dengan konsentrasi tertinggi (5% b/v), volume NaOH yang dibutuhkan untuk mengendapkan krom lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi rendah (dibawah 5%). Semakin tinggi konsentrasi larutan semakin cepat terjadinya presipitasi, sehingga volume reaktan yang dibutuhkan untuk terjadinya presipitasi lebih kecil. Terbentuknya endapan dan perubahan warna yang terjadi pada limbah setelah proses presipitasi terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) inlet (b) setelah penambahan NaOH (c) hasil presipitasi

Berdasarkan gambar 1 terlihat adanya perubahan warna pada sampel limbah penyamakan, dimana limbah awal (inlet) sebelum *treatment* berwarna biru gelap (a), setelah penambahan NaOH, krom dalam limbah berinteraksi dengan ion OH⁻ dari NaOH sehingga membentuk hidroksida logam Cr(OH)₃ yang memiliki kelarutan rendah dan akan mengendap (b). Filtrat hasil presipitasi dari pemisahan terhadap endapannya terlihat berwarna bening (c), filtrat dianalisis lebih lanjut menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi krom tersisa pada sampel. Konsentrasi krom tersisa setelah presipitasi digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan pH presipitasi terhadap konsentrasi krom sisa (ppm) pada kondisi basa

Berdasarkan Gambar 2 diketahui setelah presipitasi, terjadi penurunan konsentrasi krom terhadap konsentrasi awal (544 ppm), pada setiap variasi konsentrasi NaOH. Presipitasi berlangsung pada kondisi basa (kisaran pH 7-12) untuk memaksimalkan terbentuknya hidroksida logam dalam dalam presipitasi krom.

Pada konsentrasi NaOH terendah 2 %, konsentrasi krom yang dapat diturunkan mencapai 9,706 ppm, volume NaOH yang dibutuhkan untuk mencapai variasi pH lebih besar. Penurunan konsentrasi krom terus terjadi seiring peningkatan konsentrasi NaOH. Pada penggunaan NaOH 3 % konsentrasi krom yang dapat diturunkan sebesar 7,87 ppm. Pada NaOH 4 %, konsentrasi krom turun menjadi 3,59 ppm, dengan kisaran efisiensi penurunan tertinggi yakni sebesar 99,34%, dan pada penggunaan NaOH 5 % konsentrasi krom terendah sebesar 4,15 ppm dengan efisiensi penurunan 99,24 %.

Berdasarkan data, pada setiap variasi konsentrasi NaOH, penurunan konsentrasi krom berada pada kisaran pH 7-8, dan konsentrasi krom terendah berada pada pH 8, pada kondisi ini krom memiliki kelarutan terendah sehingga merupakan pH optimum, diatas pH 8 konsentrasi krom terlihat meningkat, namun tidak signifikan. Kenaikan konsentrasi krom yang cukup tajam terjadi diatas pH 10. Adanya penambahan NaOH, menjadikan gugus OH⁻ dari NaOH berikatan dengan krom (Cr³⁺) dari limbah membentuk Cr(OH)₃. Spesies (CrOH)₃ bersifat amfoter, dan merupakan basa yang sedikit larut dalam air (Rohaeti, 2007), sehingga Cr akan terendapkan dalam bentuk Cr(OH)₃ pada kisaran pH tertentu dan menjadikan konsentrasi krom tersisa dalam limbah akan turun. Pada kondisi pH diatas 10 konsentrasi krom kembali meningkat, hal ini dapat dipengaruhi oleh semakin banyaknya gugus OH⁻ yang terdistribusi pada saat diatas pH optimum, sehingga mendukung terbentuknya ion tetrahidroksokromat atau [Cr(OH)₄]⁻ yang bersifat lebih larut air, dengan demikian krom dalam limbah kembali terlarut dan meningkatkan konsentrasi Cr.

Berdasarkan hasil penelitian, kendati diperoleh penurunan konsentrasi krom pada pH optimum, namun nilai ini masih berada diatas baku mutu, sehingga diperlukan *treatment* lanjutan dengan metode adsorpsi agar diperoleh mutu limbah yang sesuai dengan baku mutu lingkungan.

3.2. Bagasse Fly Ash

Karakterisasi komposisi kimia BFA dilakukan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), seperti dijelaskan pada Tabel 3.2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Bagasse Fly Ash

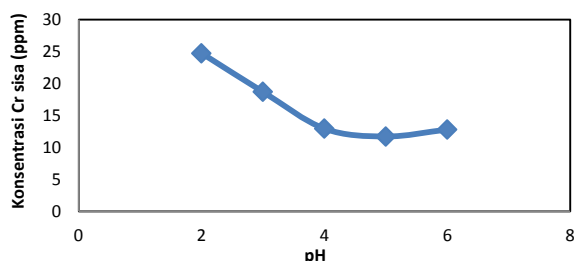
| Kode Sampel | Elemen | Hasil Pengukuran (%) | Metode |
|-----------------|---|----------------------|------------|
| Bagasse Fly Ash | Al ₂ O ₃ | 3,6070 | AAS |
| | CaO | 1,8073 | AAS |
| | Fe ₂ O ₃ | 0,9001 | AAS |
| | MgO | 0,8707 | AAS |
| | SiO ₂ | 67,0085 | AAS |
| | Karbon | 6,2234 | Gravimetri |
| | Unsur lain (K ₂ O, H, N, dan organik karbon) | 19,583 | - |

Berdasarkan komposisi kimia diatas, diketahui kandungan silika (SiO₂) pada BFA merupakan komposisi yang paling dominan dibandingkan senyawa lainnya. Adanya kandungan Si yang dominan menjadikan BFA potensial dimanfaatkan sebagai adsorben. Sebelum digunakan dalam penelitian, BFA digerus dan diayak (200 mesh). Efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben.

Perlakuan terhadap BFA yang digunakan adalah BFA tanpa aktivasi (*raw material*) dan teraktivasi, aktivasi dilakukan menggunakan H₂O₂ 30%. Aktivasi BFA bertujuan untuk dapat memperbesar luas permukaan dan menghilangkan pengotor (*impurities*) pada BFA, sehingga adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan, dan diharapkan penyerapan logam krom dapat maksimal. Aktivasi adsorben pada dasarnya dilakukan untuk dapat memperbesar volume total pori, dan jari-jari pori rata-rata abu layang ampas tebu (Indayatmi, 2011).

3.3. Adsorpsi Menggunakan Limbah Sintetik

Pengujian awal adsorpsi dilakukan menggunakan limbah sintetik Cr(NO₃)₃·9H₂O dan berlangsung dalam suasana asam. Variasi pH berada pada kisaran 2, 3, 4, 5, dan 6. Pengaruh adsorpsi pada pH rendah dapat mempengaruhi netralisasi muatan negatif pada permukaan adsorben dengan hadirnya ion H⁺ (hidrogen), sehingga dapat memfasilitasi difusi ion krom pada adsorben (Gupta, 1999). Berdasarkan interaksi ini dapat diketahui pH optimum adsorpsi pada BFA, untuk kemudian diaplikasikan pada limbah penyamakan kulit hasil presipitasi. Hasil adsorpsi limbah sintetik digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan pH adsorpsi terhadap konsentrasi Cr sisa (ppm) dalam kondisi asam

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa pada pH 2 konsentrasi krom tersisa masih cukup tinggi yakni 24,723 ppm. Penurunan konsentrasi krom terus terjadi dari pH 3 sampai dengan pH 4. Pada pH 3 konsentrasi krom tersisa sebesar 18,671 ppm, pada pH 4 sebesar 12,921 ppm.

Penurunan yang cukup tajam terjadi pada pH 5, dimana konsentrasi krom tersisa pada pH ini merupakan konsentrasi terendah yakni 11,701 ppm, sedangkan pada pH 6 konsentrasi krom kembali meningkat menjadi 12,782 ppm. Berdasarkan data dapat diketahui pH optimum adsorpsi limbah sintetik yang mengandung krom menggunakan BFA berada pada pH 5. Bobot BFA yang digunakan pada masing-masing variasi pH adalah 0,05 g/10 ml limbah.

3.4. Aplikasi Terhadap Limbah Penyamakan Kulit

Proses adsorpsi dilakukan selama 60 menit, dan pada pH optimum hasil adsorpsi menggunakan limbah sintetik yakni pH 5 (kondisi asam). Hasil adsorpsi limbah penyamakan kulit dijelaskan pada Tabel 3.

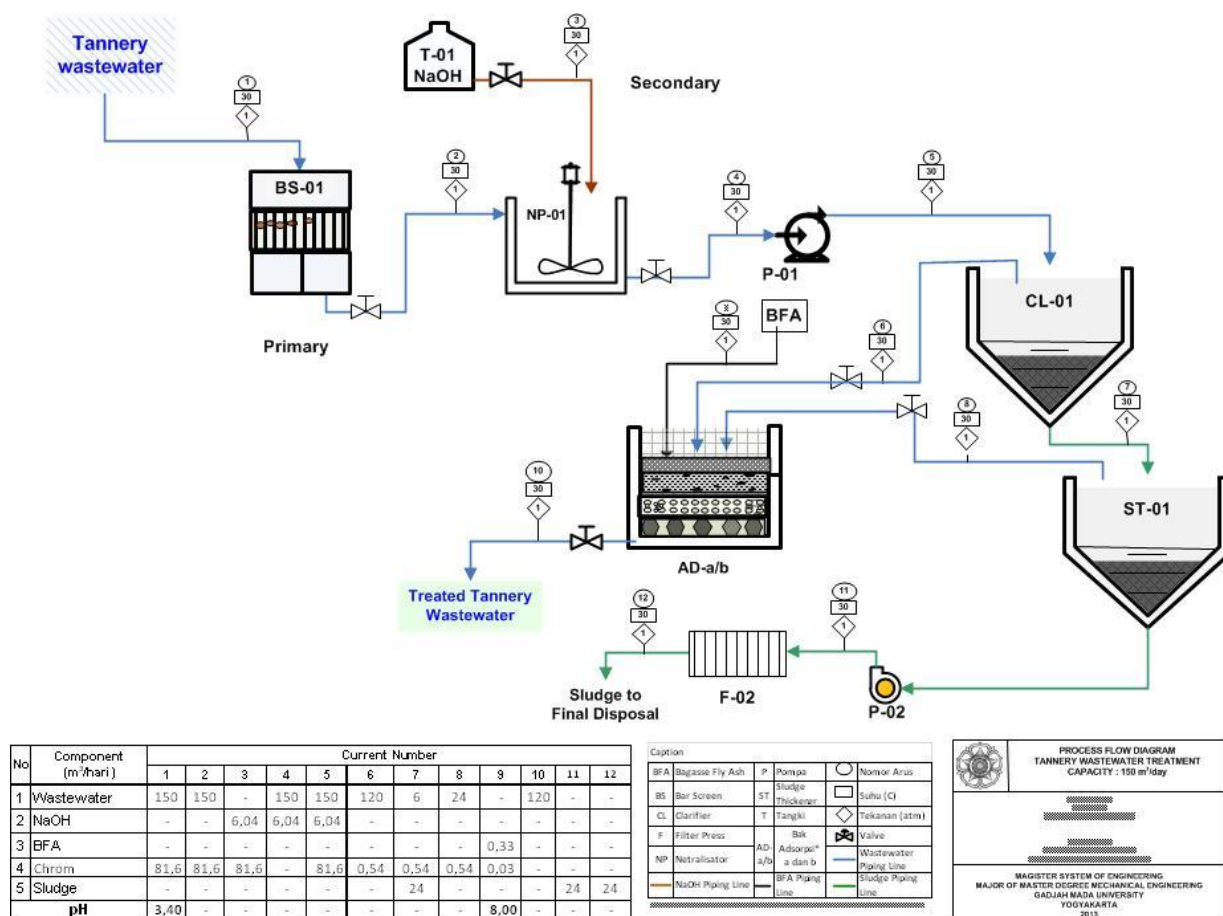
Tabel 3 Data adsorpsi krom menggunakan BFA aktivasi dan tanpa aktivasi

| No | Adsorpsi Krom Limbah | Konsentrasi Krom Sisa setelah Presipitasi dan adsorpsi (ppm) | Efektifitas Penurunan Krom setelah Adsorpsi (%) | Efektifitas Penurunan Krom Total (setelah presipitasi-adsorpsi) (%) |
|----|----------------------|--|---|---|
| 1 | BFA tanpa aktivasi | 1,71 | 52,37 | 99,69 |
| 2 | BFA dengan aktivasi | 0,18 | 94,99 | 99,97 |

Berdasarkan Tabel 3 adsorpsi menggunakan BFA teraktivasi dapat menurunkan krom hingga 94,99%, sedangkan persen penurunan konsentrasi krom menggunakan BFA tanpa aktivasi sebesar 52,37%. Adsorpsi menggunakan BFA teraktivasi pada penelitian ini berlangsung lebih optimal dibandingkan adsorben tanpa aktivasi. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya proses aktivasi (dalam penelitian ini menggunakan H₂O₂ 30%) yang dapat menghilangkan pengotor-pengotor pada permukaan dan di dalam struktur adsorben, sehingga banyaknya pori-pori adsorben yang terbuka, menjadikan permukaan padatan menjadi bersih dan luas, sehingga lebih efektif dalam mengadsorpsi ion-ion logam. Aktivasi pada adsorben mampu memperbesar kemampuan penyerapan dibandingkan penggunaan adsorben langsung (Herald, et al., 2003)

Perbedaan efektifitas adsorpsi ini juga berpengaruh terhadap efektifitas penurunan krom total yang merupakan hasil dari tahapan kedua metode yakni presipitasi yang diikuti dengan tahapan adsorpsi. Efektifitas penurunan konsentrasi krom melalui kedua metode menggunakan BFA teraktivasi mencapai 99,97%, sedangkan menggunakan BFA tanpa aktivasi mencapai 99,69%.

3.5. Design Sistem Treatment Limbah Penyamakan Kulit



Gambar 4. Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit (Kombinasi Presipitasi dan Adsorpsi)

Design Sistem pengolahan limbah cair penyamakan kulit merupakan aplikasi (*scale up*) dari *treatment* limbah skala laboratorium, untuk dapat diterapkan pada skala industri. Sistem pengolahan limbah dilakukan dengan metode presipitasi dan dilanjutkan dengan tahapan adsorpsi (*tertiary treatment*). Limbah dari berbagai tahapan proses industri dikumpulkan pada bak ekualisasi, pada bak ini dilakukan pengukuran dan pengaturan pH sebelum masuk ke unit pengolahan limbah. Limbah selanjutnya menuju ke bak filterisasi, pada tahapan ini dilakukan penyaringan dari padatan kasar maupun sisa-sisa kulit menggunakan bar screen agar tidak mengganggu unit proses pengolahan limbah.

Limbah selanjutnya di alirkan ke dalam bak presipitasi, pada bak ini dilakukan penambahan NaOH sebagai presipitan, dan dilakukan pengadukan untuk mempercepat proses interaksi gugus OH- dengan logam krom dalam limbah sehingga dari interaksi ini diharapkan terbentuk endapan Cr(OH)₃ yang dapat menurunkan konsentrasi krom dalam limbah cair penyamakan.

Limbah yang telah bercampur dengan NaOH kemudian dipompakan kedalam *clarifier* (gambar 3.4) dengan bagian bawah berbentuk segitiga terbalik untuk mempercepat proses pengendapan, sehingga terpisah antara cairan dan endapan. Endapan selanjutnya dipompakan ke *sludge thickening* (ST-01) untuk memaksimalkan pengendapan,

sedangkan cairan pada lapisan atas dipompakan menuju bak adsorpsi.

Pada *sludge thickening* terbentuk 2 lapisan kembali, yaitu cairan dan endapan pada bagian bawah. Endapan yang terbentuk selanjutnya di pompakan menuju filter press, sedangkan cairan mengalami *treatment* lanjutan pada bak adsorpsi, bak ini tersusun dari 4 lapisan berupa saringan pasir (*sand filter*). Susunan filter pada bak adsorpsi dari bawah ke atas terdiri dari : kerikil, pasir kasar, pasir halus dan bagasse fly ash pada bagian atas. Susunan kerikil dan pasir (pasir kasar dan halus) berfungsi untuk menahan bagasse fly ash yang berada pada bagian atas agar tidak ikut terbawa oleh limbah saat *treatment* berlangsung, dan juga untuk memaksimalkan adsorpsi krom dalam limbah pada BFA, sehingga krom limbah dapat terfilter dengan sempurna.

Tahapan adsorpsi merupakan bagian *tertiary treatment* dalam sistem ini, setelah sebelumnya mengalami presipitasi (tahap *secondary*) menggunakan NaOH. Krom yang terkandung dalam limbah penyamakan kulit melalui kedua metode ini dapat diturunkan dengan efektifitas penurunan krom mencapai 99,97%, dimana konsentrasi krom yang diperoleh dari pengujian laboratorium sesuai dan berada dibawah baku mutu limbah cair industri penyamakan yakni kurang dari 0,4 mg/l.

3.6. Analisis Ekonomi

Data :

Kapasitas air limbah = 150 m³/hari
 6,25 m³/jam
 104,17 L/menit

Kebutuhan Bahan Baku

| Bahan Baku | per hari | Harga (Rp) | Total (Rp) |
|--------------------------------------|----------|------------|----------------|
| BFA (Kg) | 0,52 | 500,- | 187.500 |
| NaOH (L) | 4 | 112.450 | 449.800 |
| H ₂ O ₂ (Kg/L) | 1 | 21.000 | 21.000 |
| TOTAL | | | 638.340 |

Kebutuhan pipa dan pompa

| Nama | Jumlah | Satuan | Harga | |
|----------------------|--------|--------|-----------|-------------------|
| | | | Satuan | Total |
| Pipa | | | | |
| 1.5 inch | 1 | batang | 45.925 | 45.925 |
| 3 inch | 5 | batang | 115.580 | 577.900 |
| 4 inch | 3 | batang | 191.570 | 574.710 |
| Kran | | | | |
| kran 3 inch | 8 | pcs | 34.000 | 272.000 |
| kran 4 inch | 2 | pcs | 45.000 | 90.000 |
| Plumbing Acc. | | | | |
| 45 deg 3 inch | 2 | pcs | 65.000 | 130.000 |
| 90 deg 3 inch | 11 | pcs | 70.000 | 770.000 |
| 90 deg 4 inch | 5 | pcs | 75.000 | 375.000 |
| 90 deg 1.5 inch | 3 | pcs | 39.000 | 117.000 |
| Pompa | | | | |
| pompa air | 1 | pcs | 1.775.000 | 1.775.000 |
| pompa lumpur | 2 | pcs | 3.500.000 | 7.000.000 |
| Total | | | | 11.727.535 |

Perhitungan Pekerjaan Sipil

| Jenis Bak | Luas (m ²) | Harga Satuan | Total Harga |
|-------------------|------------------------|--------------|-------------------|
| Bak Penampung | 50 | 600.000 | 30.000.000 |
| Bak Equalization | 9 | 600.000 | 5.400.000 |
| Bak Filteritasion | 6 | 600.000 | 3.600.000 |
| Bak Precipitation | 16 | 600.000 | 9.600.000 |
| Bak Absorption | 6 | 600.000 | 3.600.000 |
| Bak Filter pas | 6 | 600.000 | 3.600.000 |
| TOTAL | | | 55.800.000 |

(asumsi harga : Rp. 600.000/m²)

Pekerjaan Kelistrikan

| Diskripsi | Harga (Rp) | Spesifikasi | Jumlah | Total (Rp) |
|--------------|------------|-------------|---------|----------------|
| kabel | 24.000 | 6A/1300 | 1 roll | 24.000 |
| Lampu | 52.000 | 24 watt | 2 titik | 104.000 |
| Saklar | 12.000 | standar | 2 buah | 48.000 |
| TOTAL | | | | 176.000 |

Daya Listrik Pompa

| No | Peralatan | Jumlah (buah) | Listrik (watt) | Jam operasi per hari | Jumlah wh/hari | Jumlah Kwh/hari |
|--------------|-------------------|---------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Pompa presipitasi | 1 | 250 | 24 | 6000 | 6 |
| 2 | Pompa air limbah | 1 | 250 | 24 | 6000 | 6 |
| 3 | Pompa lumpur | 2 | 250 | 8 | 2000 | 2 |
| TOTAL | | | | | | 14 |

Biaya Investasi

| Alat | Harga (Rp) | Jumlah (paket) | Total Harga (Rp) |
|--------------------------|------------|----------------|-------------------|
| Kebutuhan pipa dan pompa | 11.727.535 | 1 | 11.727.535 |
| Kebutuhan Bahan | 638.340 | 1 | 638.340 |
| Pekerjaan bak | 55.800.000 | 1 | 55.800.000 |
| Pekerjaan listrik | 176.000 | 1 | 176.000 |
| TOTAL | | | 68.341.875 |

Keterangan :

- Daya 450 VA, biaya bebannya Rp.11.000,- dan biaya listrik (pra bayar) Rp.415/kWh
- Biaya Perawatan Rp.600.000,- per bulan

- Tenaga operator Rp.892.660,-/orang/bulan (UMR wilayah DIY, tahun 2012)

Total Biaya IPAL per hari :

Kapasitas air limbah per hari = 150 m³
 Biaya pengolahan air limbah = Rp. 247.620,-/150 m³
 = Rp. 1.650,-/m³ limbah

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Penggunaan NaOH sebagai agen presipitasi dapat menurunkan konsentrasi krom dalam limbah penyamakan kulit pada pH optimum 8, dengan efisiensi penurunan konsentrasi krom sebesar 99,34 % dari konsentrasi awal.
- Adsorpsi bagasse fly ash terhadap krom dalam limbah cair industri penyamakan kulit berlangsung pada pH optimum 5, dengan efisiensi penurunan konsentrasi krom tahap adsorpsi sebesar 94,99 % dari konsentrasi awal (penggunaan BFA teraktivasi).
- Kombinasi metode presipitasi yang diikuti dengan tahap adsorpsi, efektif terhadap penurunan konsentrasi krom dalam limbah cair industri penyamakan kulit, dengan total efisiensi hingga 99,97 % dari konsentrasi awal (dengan penggunaan BFA teraktivasi).

Saran

- Perlu adanya variasi waktu pengendapan pada tahapan presipitasi sehingga penurunan kadar krom lebih maksimal
- Perlu dilakukan penelitian terhadap masa efektif (*saturation time*) penggunaan BFA sebagai adsorben.

Daftar Pustaka

- Gupta, V.K., Dinesh Mohan, Saurabh Sharma, and Kuk T. Park. 1999. Removal of Chromium (VI) from Electroplating Industry Wastewater Using Bagasse Fly Ash-A Sugar Industry Waste Material. The Environmentalist 19, 129-136.
- Herald, E., Hisyam SW, dan Sulistiyono. 2003. Characterization and Activation of Natural Zeolite from Ponorogo. Indonesian J.Chem 3 (2).
- Indayatmi. 2011. Kajian Adsorpsi Cr (VI) oleh Abu Layang Ampas Tebu Teraktivasi H₂O₂. Tesis. Kimia-MIPA. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rohaeti, E. 2007. Pencegahan Pencemaran Lingkungan oleh Logam Berat Krom Limbah Cair Penyamakan Kulit: Studi Kasus di Kabupaten Bogor. IPB, Bogor.
- Zaenab. 2008. Industri Penyamakan Kulit dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes-Makasar. (<http://keslingmks.wordpress.com/2008/08/18/industri-penyamakan-kulit-dan-dampaknya-terhadap-lingkungan/>).